

เครื่องตัดโฟมแม่พิมพ์สำหรับหล่อโลหะบั้งรังสี Styrofoam Cutter, KKU Model

- ประเภท : เครื่องมือ
ประโยชน์หลัก : การรักษาโรค
ความริเริ่ม : เป็นผลงานประดิษฐ์ โดยการดัดแปลงจากต้นแบบ
ผู้ประดิษฐ์คิดค้น : ศรีชัย ครุสนธิ* พ.บ. (รังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์)
ผู้ร่วมงาน : นายถวัลย์ สุขทะเล* วทบ. (รังสีเทคนิค)
นายโอภาส ศรีตระกูล* พรท. (รังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์)
ผู้ผลิตต้นแบบ : นพ. ศรีชัย ครุสนธิ
นายโอภาส ศรีตระกูล
* หน่วยรังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Styrofoam Cutter, KKU-Model

Srichai Krusun M.D.

Tawan Suktale B.Sc.

Opas Sritrakool Cert. in Radiological Technology

*Division of Radiotherapy and Nuclear Medicine, Department of Radiology,
Faculty of Medicine, Khon Kaen University.*

Styrofoam cutter is an instrument which is used to make styrofoam blocks in fabrication of low melting point alloy shielding blocks for radiation teletherapy. It provides an easy and accurate way in shaping radiation beam for irregular fields of irradiation. Several models of Styrofoam Cutters have been established and commercialized; but most are very expensive and some of them have many defects and limitation in practical use. Styrofoam Cutter, KKU-Model is innovated to give better performance, high safety and is sufficiently versatile for various techniques and teletherapy machines. Above all, it is much cheaper in comparison to other commercialized models.

ในการรักษามะเร็งด้วยเครื่องฉายรังสี (Teletherapy) สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ การจำกัดขอบเขตของบริเวณที่จะมีการฉายรังสีให้ครอบคลุมเฉพาะบริเวณก้อนมะเร็งและต่อมน้ำเหลืองที่มะเร็งจะกระจายไปถึง สำหรับเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เคียงจะใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่วหรือโลหะผสมจุดหลอมเหลวต่ำ (Low melting point alloy)^{1,2,3} บังรังสีไว้ แต่การที่จะสร้างวัสดุเหล่านี้ให้ได้รูปร่างขนาดและความหนาพอเหมาะที่จะบังรังสีสำหรับบริเวณที่ไม่เป็นรูปทรงเลขาคณิต (Irregular fields) เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและเสียเวลามาก^{1,2,3,6} จึงมีผู้คิดประดิษฐ์เครื่องมือตัดโฟม (Styrofoam Cutter) ครั้งแรกเมื่อปี 1969 (Edland)^{4,5,8} เพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการหล่อโลหะผสมจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น Lipowitz's metal (Cerro-bend alloy) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิเพียง 70° เซลเซียส, ในระยะแรก ๆ เครื่องมือเหล่านี้มีข้อบกพร่องและมีปัญหาในการใช้มากมาย ซึ่งก็ได้รับการพัฒนามาโดยลำดับ เครื่องตัดโฟมที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ก็ได้แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเอนกประสงค์ สิ่งที่สำคัญที่สุดก็อรรถาถูก -X-

รายละเอียดเกี่ยวกับผลงาน

1. ลักษณะทั่วไป

1.1 ส่วนประกอบหลัก มี 3 ส่วน ได้แก่

1. โครงสร้างทางพลศาสตร์ (Mechanical frame-work)
2. ระบบไฟฟ้า (Electronic equipments)
3. ระบบตรวจเช็ควงจร (Circuit Checker)

โครงสร้างทางพลศาสตร์ ประกอบด้วย

(รูปที่ 1,2,3,4,5,6)

1. โต๊ะวางฟิล์ม (View box-mounted table)

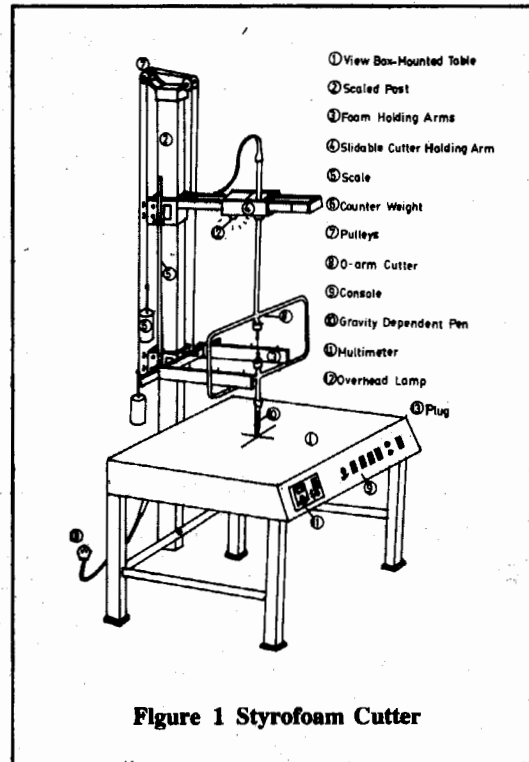


Figure 1 Styrofoam Cutter

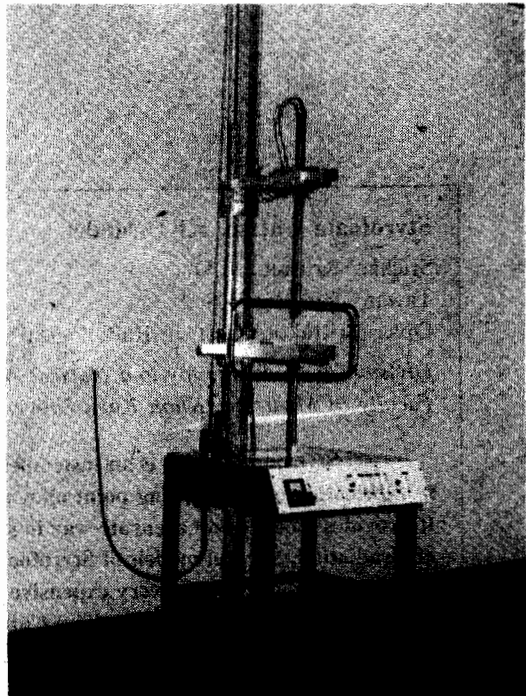


Figure 2 KKU - Model Styrofoam Cutter

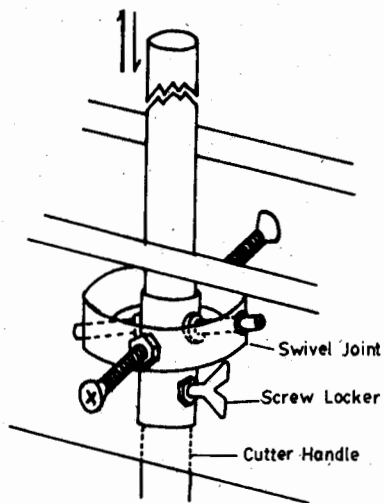


Figure 3 Swivel joint of Styrofoam Cutter

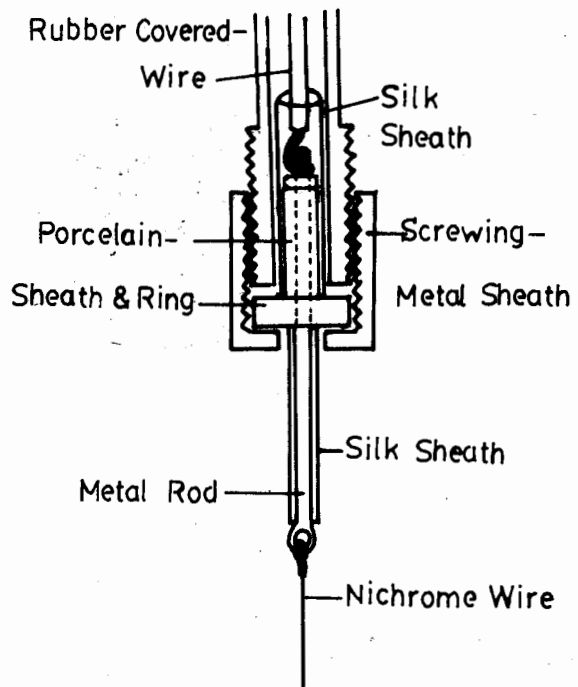


Figure 4 Wire-Stretching Pole

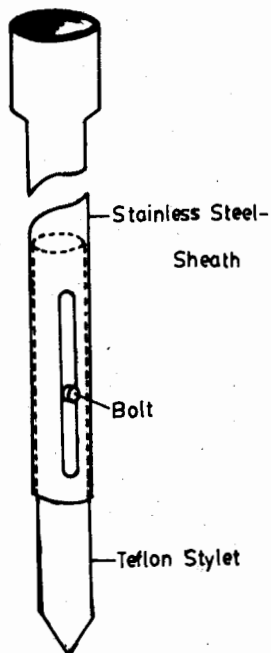


Figure 5 Gravity-Dependent Pen

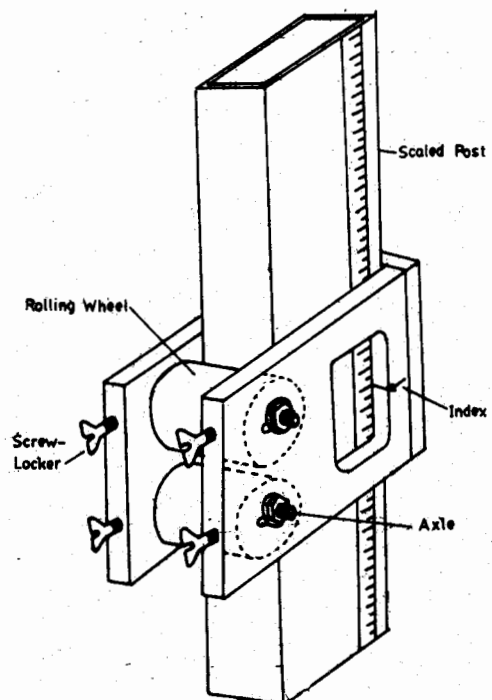


Figure 6 Sliding & Locking System

2. เสาหลัก (Scaled post)
3. แท่นยึดโฟม (Foam holding arms)
4. กานยึดชุดตัดโฟม (Slidable Cutter holding arm)
5. มาตรฐานระยะ (Scale)
6. ชุดตุ้มถ่วงน้ำหนัก (Counter weight)
7. รอก (Pulleys)
8. ชุดตัดโฟมรูปตัว O (O-arm cutter)
9. ปากกา (Gravity-dependent pens)
- ระบบไฟฟ้า ประกอบด้วย (รูปที่ 7)
1. หม้อแปลง (Transformer) สำหรับแปลงกระแส AC 220 Volt เป็น AC 24 Volt
2. ชุด Regulator 0-30 Volt, 2 Ampere สำหรับแปลงกระแส AC เป็น DC ซึ่งสามารถปรับความต่างศักย์ที่ขั้วลวดนิโครม (Nichrome Wire) ได้ 0-30 Volt
3. ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent light) สำหรับส่องใต้ View Box

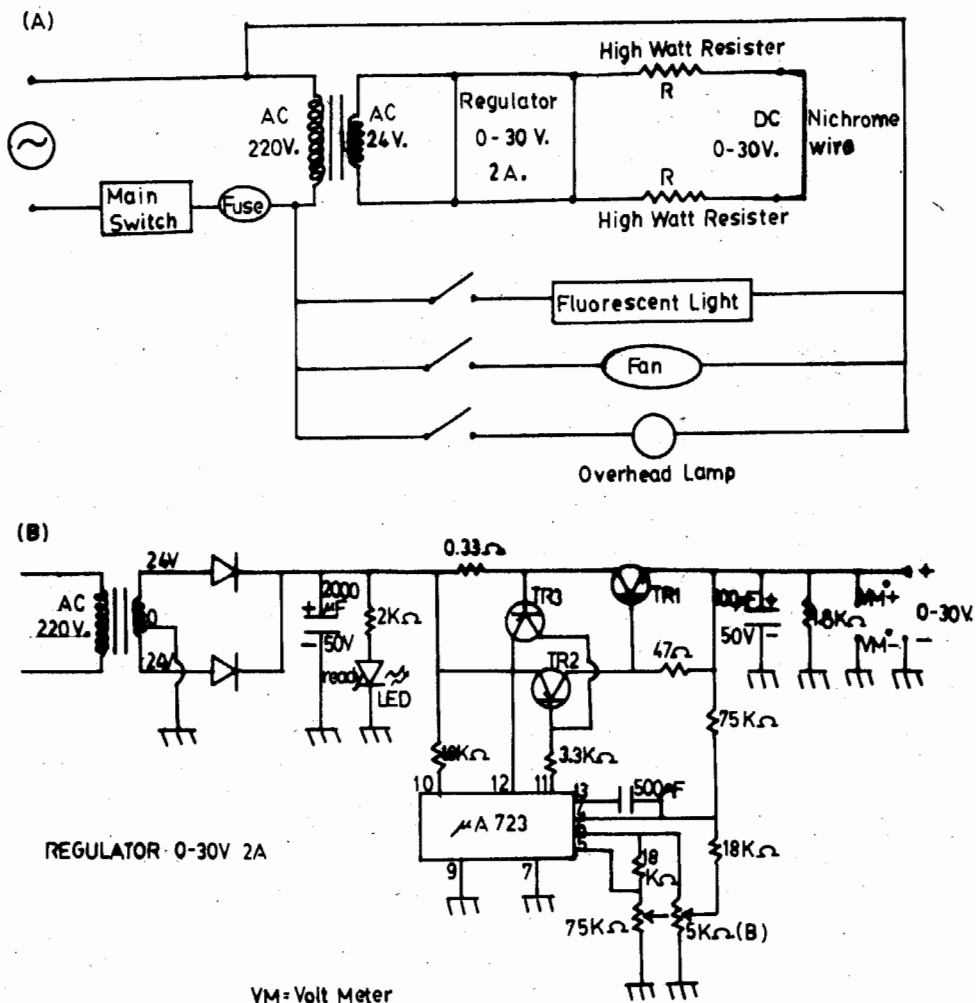


Figure 7 Block Diagram of Electrical Part and Regulator Circuit

4. พัดลมระบายความร้อน (Electric fan)
5. หลอดไฟเหนือศีรษะ (Overhead Lamp)
6. ฟิวส์ (Fuse)
7. ไฟเตือน (Warning Lamp)
8. แผงควบคุม (Console)

ระบบตรวจเช็ควงจร ประกอบด้วย

1. Multimeter ขนาดเล็ก
2. Selector สำหรับเลือกตรวจวงจร
3. Test switch สำหรับปิด-เปิด ระบบตรวจวงจร

1.2 วิธีใช้ (รูปที่ 8,9)

วางฟิล์มเอกซเรย์ (Portal x-ray film) ซึ่งถ่ายโดยเครื่อง Simulator จากส่วนของร่างกายที่จะฉายแสงไว้บนโต๊ะ (View Box) โดยให้กากบาท (Cross line) บนฟิล์มซึ่งเป็น Center of beam วางทับกากบาทของ View Box ขีดฟิล์มด้วยเทปขาว จัดระยะจากจุดหมุนของชุดตัดโฟมให้สูงจากพื้นโต๊ะเท่ากับระยะ Source-Film distance และระยะจากจุดหมุนถึงแท่นยึดโฟมเท่ากับ Source-tray distance แล้วยึดด้วยการบิดสกรู จากนั้นจึงนำโฟม (Styrofoam) ขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน (18×18 ซม.² ถึง 30×30 ซม.²หนา 5 ซม.)⁽⁸⁾ วางบนแท่นยึดโฟม (ซึ่งมีเดือยแหลมยึด) แล้วเปิด Main switch สวิตช์พัดลม สวิตช์หลอดฟลูออเรสเซนต์ ปรับ Voltage ของ Regulator ไปที่ 4-6 โวลต์ แล้วจึงเปิดสวิตช์ Cutter จับปากกาที่ปลายชุดตัดโฟมวาดไปตามแนวขอบเขตที่ต้องการบั้งรังสีบนแผ่นฟิล์มเอกซเรย์ ขณะที่วาดปากกาไป ลวดนิโครมก็จะตัดโฟมไปตามแนวทิศทางเดียวกัน แต่ขนาดของโฟมที่ถูกตัดจะเป็นส่วนย่อยของภาพบนฟิล์มเอกซเรย์ และมีลักษณะขอบบานออก (Divergent block) ตามลักษณะการบาน

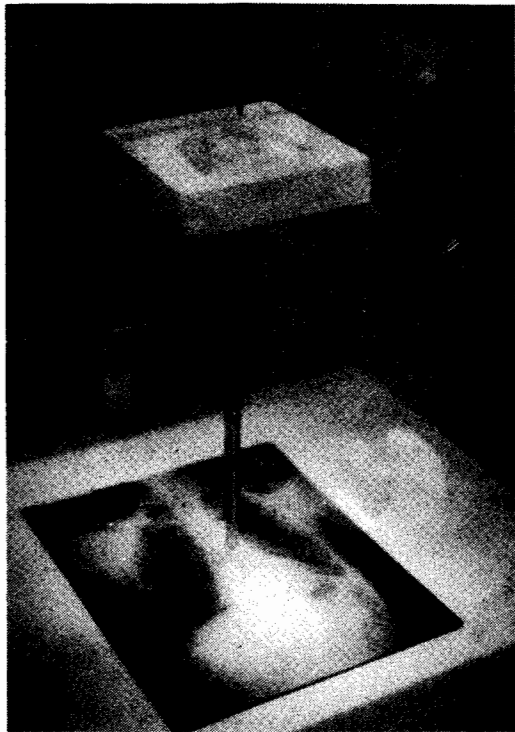


Figure 8 How to use styrofoam cutter

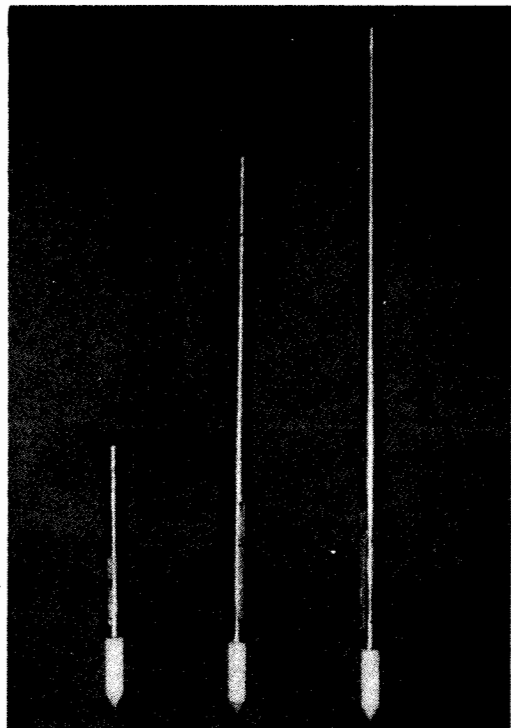


Figure 9 Gravity-Dependent Pens of various sizes

ออกของรังสีจากแหล่งกำเนิด นอกจากนี้จะต้องตัดรอยกากบาท (Center of beam) บนแผ่นโฟมด้วย เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวางโลหะหล่อบั้งรังสีต่อไปด้วย หลังจากนั้นจึงปิดสวิทช์ Cutter กดเอาโฟมชั้นใน (innermost) ที่ถูกตัดออก เหลือแต่โฟมแม่พิมพ์บนแท่น เลื่อน Overhead lamp เข้ามาแทนที่จุดหมุนของชุดตัดโฟม ปิดสวิทช์หลอดฟลูออเรสเซนต์ และปิดไฟในห้อง แล้วจึงเปิดไฟ Overhead lamp ตรวจสอบดูว่ารูปร่างของลำแสงจาก Overhead lamp ที่ผ่านรอยตัดของโฟมแม่พิมพ์ซ้อนทับพอดีกับภาพบนฟิล์มเอ็กซเรย์หรือไม่ เมื่อทุกอย่างถูกต้อง จึงนำเอาโฟมแม่พิมพ์ ไปทำการหล่อโลหะจุดหลอมเหลวต่อไป

ข้อควรระมัดระวังในการใช้งาน

1. ไม่ควรเปิดสวิทช์ Cutter ทั้งวันนาน ๆ ติดต่อกันเกินครึ่งชั่วโมง เพราะจะทำให้ Regulator ร้อนเกินไป จนอาจเกิดความเสียหายได้
2. ไม่ควรปรับ Voltage สูงเกินไปจนลวดนิโครมแดงขีด ซึ่งไม่เหมาะต่อการใช้งานและอาจทำให้ลวดนิโครมเสียรูปและขาดได้
3. ในการตัดโฟมไม่ควรลากปากกาเร็วและแรงเกินไปจนทำให้ลวดขีดและขาดได้
4. ทุกครั้งที่เลิกใช้งานควรปิด Main Switch เสมอ
5. ในการตรวจเช็ควงจร ควรตรวจดูให้แน่ใจว่า indicator ของ Selector และ Multimeter อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการวัดจริง ๆ จึงจะเปิด Test Switch เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับ Multimeter
6. สถานที่ติดตั้งเครื่องควรอยู่ในที่ที่ระบายอากาศได้ดีพอสมควร และไม่มีวัตถุไวไฟ

7. การใช้ Multimeter ของเครื่อง ในการตรวจวงจรของเครื่องมืออื่น ๆ จะต้องปิด Main Switch ก่อนเสมอ

8. การหล่อโลหะ Cerrobend alloy ควรทำในที่ที่มีการระบายอากาศดีหรือมี Fume hood เพื่อป้องกันการสูด Toxic fume เข้าปอด และต้องระมัดระวังถูก Heated alloy ลวก (Thermal injury) นอกจากนี้การเทโลหะที่หลอมเหลว (Melted alloy) ลงในแม่พิมพ์ควรเทช้า ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองอากาศ (Air bubbles) เข้าไปแทรก⁽⁴⁾

2. คุณสมบัติ

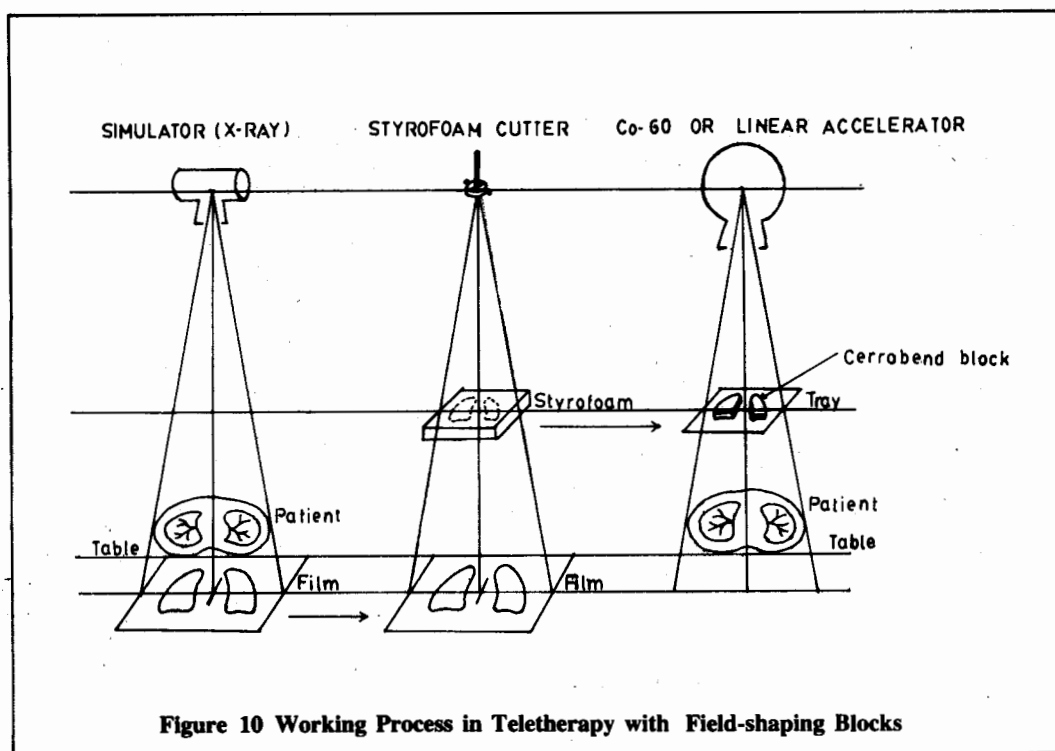
2.1 เป็นเครื่องตัดโฟมแม่พิมพ์ที่สามารถปรับใช้ได้กับเครื่องฉายรังสีทั้งชนิดโคบอลต์-60 และ Linear accelerator (4-25 MeV.) (รูปที่ 10)

2.2 กระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าลวดตัดโฟม (Nichrome Wire) เป็นกระแสตรง (D.C.) จึงปลอดภัยต่อการถูกไฟฟ้าดูดหรือไฟลัดวงจร (ซึ่งทั่ว ๆ ไปมักใช้กระแสสลับ A.C.) (รูปที่ 7 A)

2.3 ปรับความร้อนที่ลวดตัดโฟมโดยใช้ Regulator (รูปที่ 7 B) ซึ่งทำให้สามารถปรับความร้อนได้ละเอียดและต่อเนื่อง เหมาะกับการใช้งานที่ละเอียดอ่อน จากการทดลองพบว่า Voltage ที่พอเหมาะในการตัดโฟมอยู่ในช่วง 4-8 โวลท์ ระบบนี้จึงดีกว่าแบบ Step-up โดยหม้อแปลง (Transformer)

2.4 ชุดตัดโฟมสามารถปรับเลื่อนขึ้นลงได้ และสามารถถอดเปลี่ยนปากกาตามความยาวที่เหมาะสมได้ ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน

2.5 ปากกาที่ปลายชุดตัดโฟมสามารถขีดหัดได้ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วง (แทนที่จะใช้ชุดลวด



สปริง) ทำให้ปลายปากกาแตะอยู่บนพื้นโต๊ะตลอดเวลาที่วาดไปบนพื้นผิวโต๊ะ โดยไม่กดแรงเกินไปจนเกิดรอยขีดข่วนบนฟิล์ม (รูปที่ 5 และ 9)

2.6 แก้ปัญหาลวดหย่อนยานในขณะที่ตัดโฟม¹⁰ โดยลดระยะระหว่างหัวลวดตัดโฟมลงเหลือ 9-10 ซม.

2.7 ระบบตุ้มถ่วงน้ำหนัก (Counter weight) จะช่วยให้การเลื่อนแท่นยึดโฟมและกานยึดชุดตัดโฟมขึ้นลงสะดวกและเบาแรง (รูปที่ 1)

2.8 ฟิวส์ (Fuse) สำหรับตัดวงจรในกรณีไฟลัดวงจร มีทั้งที่ Input และที่ Regulator ซึ่งจะทำให้ปลอดภัยต่อระบบภายในมากขึ้น

2.9 หลอดไฟเหนือศีรษะ (Overhead lamp) บนกานยึดชุดตัดโฟม จะช่วยในการตรวจความถูกต้องของโฟมแม่พิมพ์ที่ถูกเจาะตัดแล้ว ว่า

ตรงกับฟิล์มต้นแบบหรือไม่

2.10 ระบบตรวจเช็ควงจร (Circuit checker) สามารถตรวจเช็คความต่างศักย์ของกระแส A.C. ที่ Input และกระแส D.C. ที่ Regulator รวมทั้งวงจรของระบบตัดโฟมว่าครบวงจรหรือไม่ ทำให้สามารถบ่งชี้ตำแหน่งความบกพร่องของเครื่องได้ โดยใช้เวลาไม่มาก ซึ่งเครื่องทั่ว ๆ ไปไม่มี

2.11 Multimeter (รูปที่ 1) ของเครื่องสามารถใช้ตรวจและวัดวงจรของเครื่องมืออุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในที่ทำงานได้ โดยเพียงแต่เปิด Main Switch และ Selector เท่านั้น ซึ่งจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากเครื่องได้อย่างเต็มที่

2.12 วัสดุอุปกรณ์ทุกชิ้นที่นำมาประกอบสามารถผลิตได้ในประเทศไทย ราคาไม่แพง จึงเป็นการประหยัด สะดวกต่อการซ่อมและสร้าง

ขึ้นใช้เอง

3. หลักการที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

หลักการเดิม

หลักสำคัญของเครื่องมือนี้คือ สามารถตัดเจาะโฟมแม่พิมพ์ให้ได้แม่พิมพ์ (Styrofoam blocks) ที่มีลักษณะขอบภายในบานออก (divergent blocks) ตามลักษณะการบานออกของรังสีจากแหล่งกำเนิด (Source of beam) เพื่อจะได้โลหะที่หล่อได้รูปร่างที่ต้องการ โดยขอบบานออกตามแนวของรังสี (รูปที่ 10) เมื่อนำโลหะหล่อนี้ไปวางกับรังสีในตำแหน่งเดียวกันก็จะทำให้ขอบของรังสีคมชัดมากกว่าโลหะหล่อชนิดขอบตรง (Straight or untapered blocks)¹ ซึ่งจะทำให้ผลของการรักษาดำเนินและลดปัญหาแทรกซ้อน (Complications) จากการได้รับรังสีมากหรือน้อยไป เพราะฉะนั้นจะต้องจัดให้ตำแหน่งระยะทางของจุดหมุนแท่นยึดโฟมและพื้นโต๊ะวางฟิล์มของเครื่องให้ได้ระยะแบบเดียวกันกับเครื่อง Simulator และเครื่องฉายแสงในขณะตัดโฟม^{1,2,7,9}

4. เหตุผลที่นำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้น

แม้ว่าเครื่องตัดโฟมแม่พิมพ์จะมีการผลิตจำหน่ายในต่างประเทศ แต่ราคาแพงเกินไป (ประมาณเครื่องละ 2 แสนกว่าบาท) และบางแบบก็มีข้อจำกัดในการใช้งาน ในประเทศไทยก็มีบางสถาบันได้ประดิษฐ์เครื่องมือนี้ขึ้นใช้เอง¹⁰ แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องและข้อจำกัดหลายประการ จึงได้พยายามแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่างๆ โดยออกแบบประดิษฐ์เครื่องตัดโฟมนี้ขึ้นใช้

5. ลักษณะพิเศษที่เด่นหรือต่างจากผลงานที่มีอยู่เดิม

1. ราคาถูก
2. ใช้วัสดุที่ผลิตได้ในประเทศ

3. กระแสไฟฟ้าที่ต่อเข้าลวดนิโครมเป็นชนิด D.C. ทำให้ปลอดภัยต่อการใช้งาน (บางชนิดใช้กระแส A.C.)

4. สามารถปรับ Voltage ที่ขั้วลวดนิโครมได้ละเอียดโดยใช้ Regulator เหมาะกับการใช้งานที่ละเอียดอ่อน

5. ลดปัญหาลวดนิโครมหย่อนยาน โดยลดระยะทางระหว่างขั้วลงเหลือ 9-10 ซม.

6. ระบบการปรับความตึงของลวดนิโครมเป็นชนิดปรับในแนวตั้งซึ่งจะทำให้แนวศูนย์กลางของลวดไม่เคลื่อน

7. มีระบบตรวจเช็ควงจรซึ่งแบบอื่นมักไม่มี ทำให้สามารถบ่งบอกตำแหน่งความบกพร่องที่เกิดกับเครื่องได้ในเวลาอันรวดเร็ว

8. สามารถปรับใช้ได้กับเครื่องฉายแสงหลายชนิด เช่น โคบอลท์-60, Linear Accelerators 4-25 MeV.

9. ปากกาของชุดตัดโฟมเป็นชนิดอาศัยแรงโน้มถ่วงของ Styllet ซึ่งทำด้วย Superlane หรือ Teflon แทนที่จะใช้แรงดันจากสปริงทำให้ใช้สะดวกและไม่กดฟิล์มแรงจนเป็นรอย

6. แหล่งที่มาของวัสดุ

หาซื้อได้ตามร้านขายอุปกรณ์โลหะและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป

7. สถานที่ที่ผลิตและศึกษาทดลอง

7.1 สถานที่ผลิต

หน่วยรังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7.2 สถานที่ศึกษาทดลอง

หน่วยรังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลศรินครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

8. ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการประดิษฐ์

ขาดแคลนเครื่องมือ วัสดุบางชิ้นซึ่งต้องมีการดัดแปลงใช้ทดแทน และนอกจากนี้ยังขาดแคลนทุนทรัพย์ และผู้สนับสนุน

9. การจดทะเบียนกรรมสิทธิ์

ยังไม่ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์

10. ระยะเวลาในการประดิษฐ์คิดค้น

เริ่มประมาณ พ.ศ.2528 แต่หยุดชะงักไปนานเพราะมีอุปสรรคหลายประการเพิ่งเริ่มลงมือจริงตั้งแต่ประมาณเดือนมกราคม 2530 เสร็จสิ้นเมื่อเดือนพฤษภาคม 2530

11. งบประมาณ

7,000 - 8,000 บาท

12. การเผยแพร่ผลงาน

ยังไม่เคยเผยแพร่มาก่อน

กรรมวิธี

วัสดุ (Materials)⁶

Alloy	: Lipowitz's metal (brand name: Cer robend alloy)
Composition:	
Bismuth	50.0%
Lead	26.7%
Tin	13.3%
Cadmium	10.0%
Melting point:	70° C (158° F)
Density at 20° C	: 9.4 g/cm ³

Styrofoam : Expanded Polystyrene, High-density Styrofoam (HD 300)

กิตติกรรมประกาศ

ในการประดิษฐ์เครื่องมือนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากอาจารย์ ดร.วิจิตร เกิดผล และขอขอบคุณ คุณมาลี โจนแก้ว ที่ให้ความร่วมมือในการพิมพ์ต้นฉบับ

เอกสารอ้างอิง

1. Levitt SH., Topley N. Technological basis of radiation therapy: practical application. Philadelphia: Lea & Febiger, 1984: 38-41.
2. Bentel GC, Nelson CE, Noell Kt. Treatment planning and dose calculation in radiation oncology. New York: Pergamon Press, 1982: 68-71.
3. Parfitt R. Manufacture of lead shields. Brit J Radiol, 1971; 44: 895.
4. Karzmark CJ, Huisman PA. Melting, casting and shaping lead shielding blocks: Method and toxicity aspects. Am J Roentgenol, 1972; 114: 636.
5. Edland Rm, Hansen H. Irregular field shaping for Co-60 teletherapy. Radiology, 1969; 92: 1567.
6. Powers WE, Kinzie JJ, Demidechi AJ, Bradfield JS, Felman A. A new system for field shaping for external-beam radiation therapy. Radiology, 1973; 108: 407-411.
7. Jones D. A method for the accurate manufacture of lead shields. Br J Radiol, 1971; 44: 398-399.
8. Sorensen A, Goshaw L. Simple design for a styrofoam cutter. Med Phys, 1975; 2: 338-339.
9. Purdy JA, Sorensen A, Eisenhoffer J. A combination styrofoam cutter/block checker for fabricating field shaping blocks. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1977; 2: 1209-1211.
10. Wonge-ek C, Aim chula J, Manatrakool N. A custom-built styrofoam cutter. Thai J Radiol Tech, 1985; 10: 31-38.